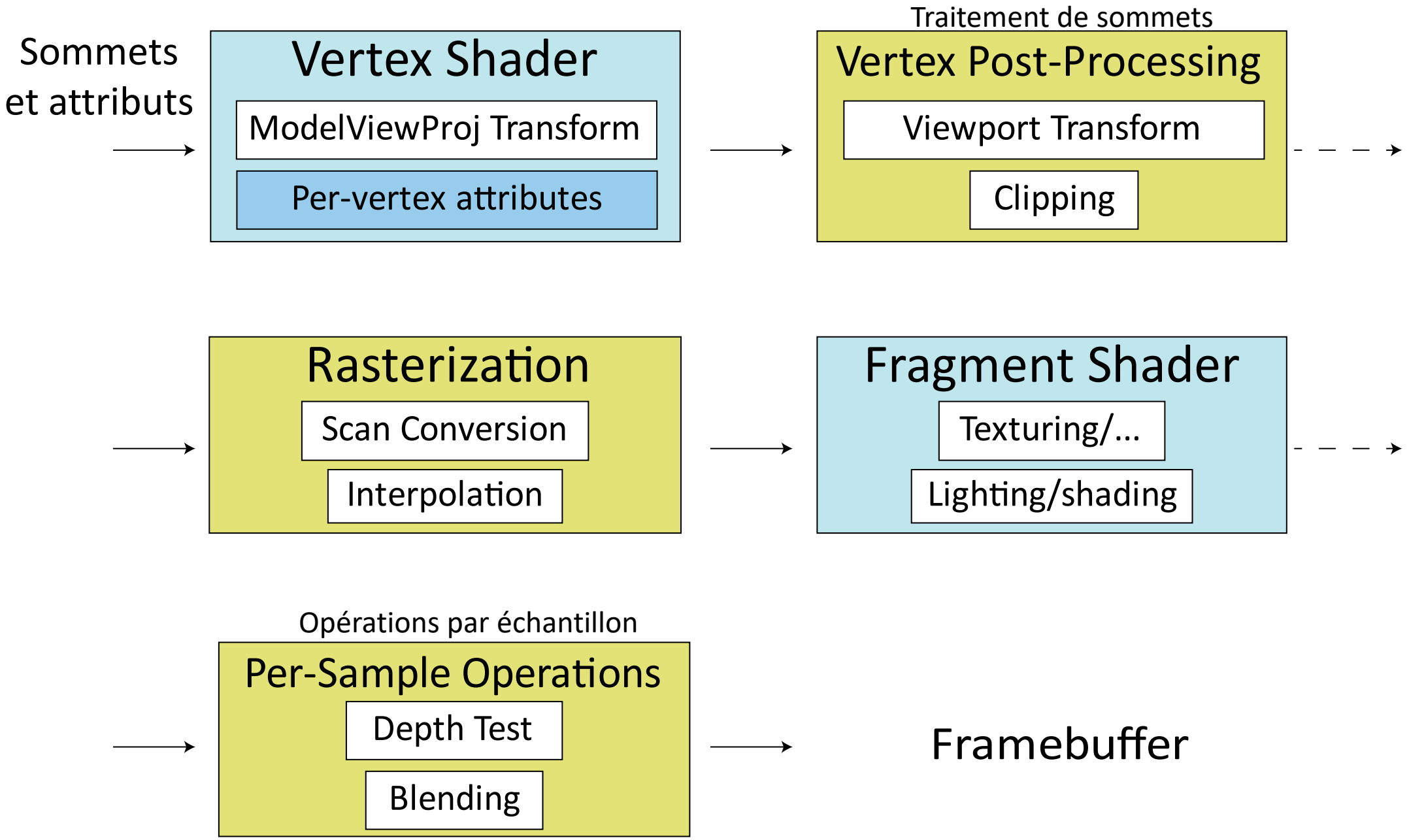
http://tiny.cc/ift3355

IFT 3355: INFOGRAPHIE

TEST DE PROFONDEUR

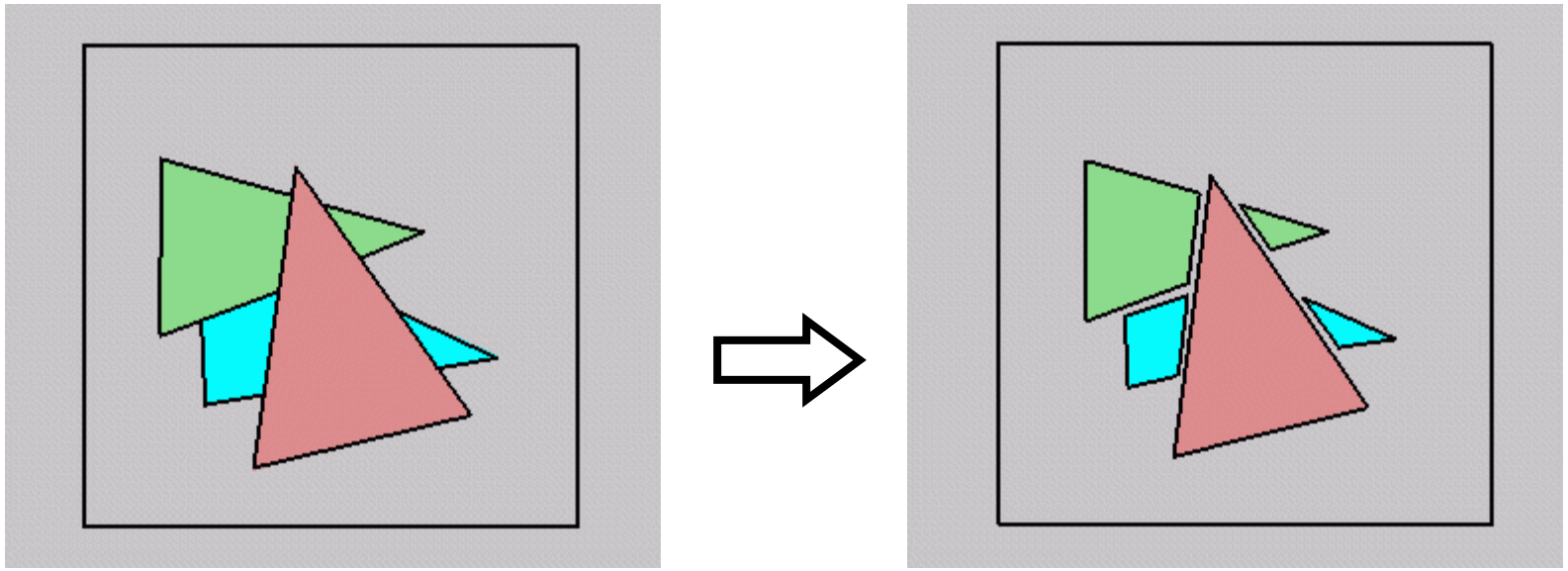
Livre de référence: G:**11.1**; S: **8**

Mikhail Bessmeltsev


Sommets
et attributs
Vertex Shader
ModelViewProj Transform
Per-vertex attributes
Traitement de sommets
Vertex Post-Processing
Viewport Transform
Clipping
Rasterization
Scan Conversion
Interpolation
Fragment Shader
Texturing/…
Lighting/shading
Opérations par échantillon
Per-Sample Operations
Depth Test
Blending
Framebuffer

VISIBILITÉ

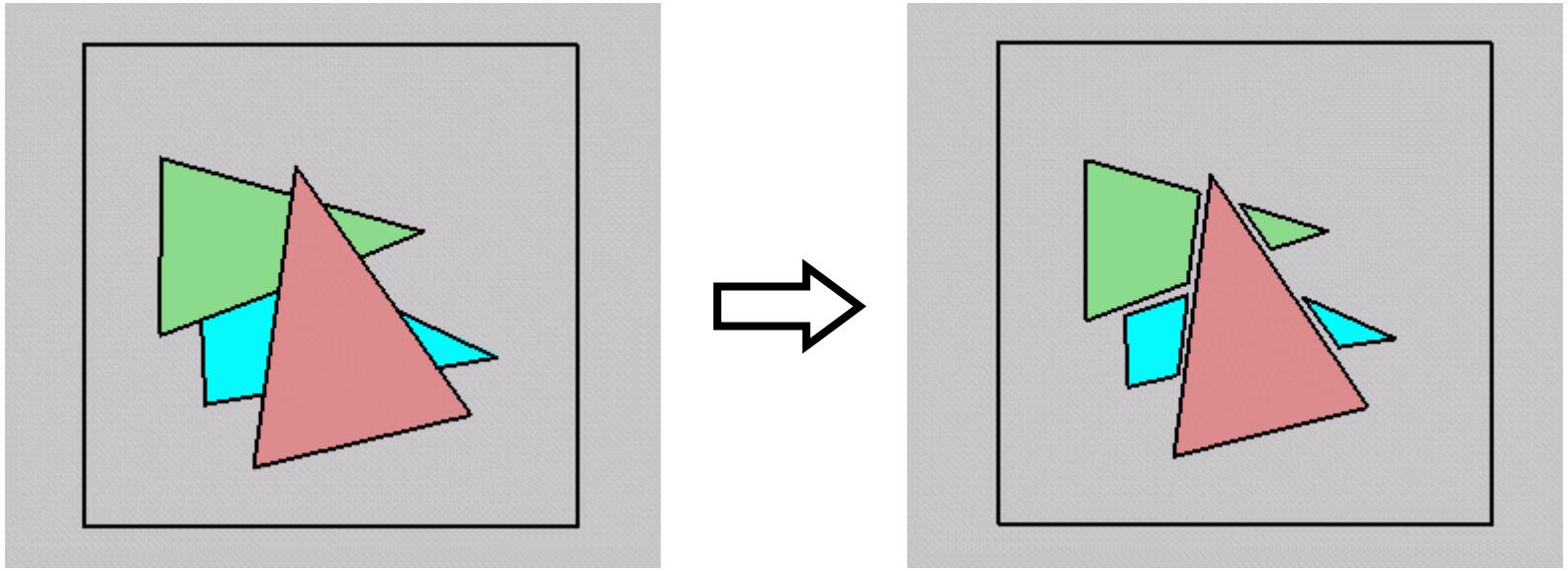
- Pour plusieurs scènes intéressantes, les polygones se chevauchent



- Il faut déterminer quels polygones sont en avant pour rendre l'image correcte

ALGORITHME DU PEINTRE

- Simple: rendre les polygones de l'arrière vers l'avant, en peignant par-dessus les précédents



- Rendre le triangle cyan, puis le bleu, et finalement le rouge
- Est-ce que ça fonctionne en général?

ALGORITHME DU PEINTRE: LES PROBLÈMES

- Les polygones qui s'intersectent posent un problème
- Même les polygones sans intersections peuvent poser problème aussi:

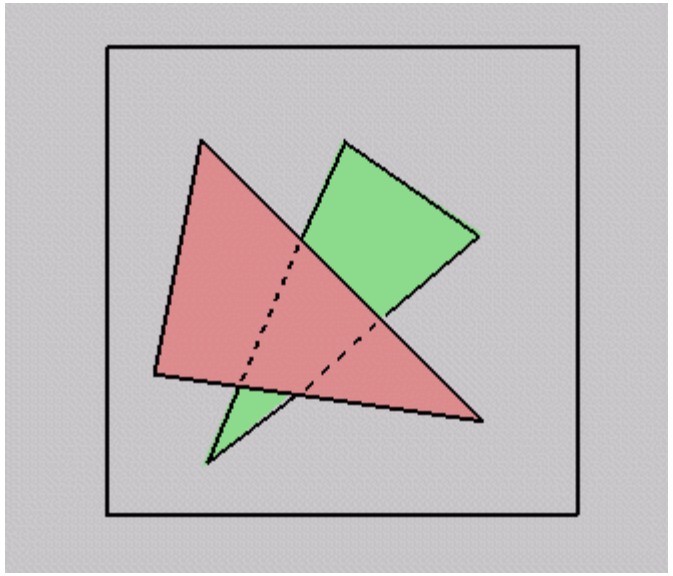
ÉLIMINER LES SURFACES CACHÉES

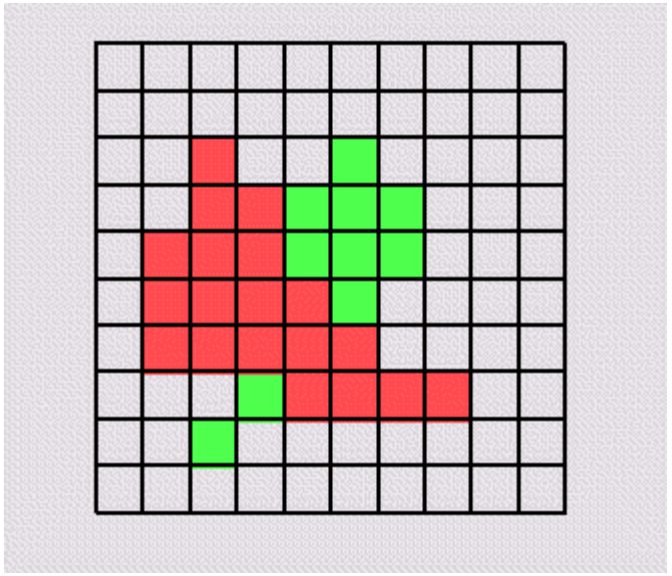
- Algorithmes en espace objet:
  - En 3D avant la rastérisation
    - E.g. l'algorithme du peintre
  - Souvent sont indépendants de la résolution/la position de la fenêtre

- Algorithmes en espace image:
  - Après la rastérisation, déterminer pour chaque élément d'image, ce qui est le plus près
  - Tampon de profondeur (*Z-Buffer/Depth Buffer*)
  - Peuvent être plus rapides, mais ils dépendent de la résolution de l'image

TAMPON DE PROFONDEUR

- Que se passe-t-il s'il y a plusieurs polygones qui occupent le même pixel?
- Quel objet doit être peint dans le pixel?





TAMPON DE PROFONDEUR

- L’idée: garder la profondeur après la projection
  - Chaque sommet garde sa coordonnée *z*
    - Par rapport à la camèra
    - Utiliser les coordonnées barycentriques pour calculer *z* par fragment
      - N’oubliez pas la correction de perspective
- Ou peut-être le fragment shader modifie *z*

TAMPON DE PROFONDEUR

- En plus du tampon de couleur, stocker le tampon de profondeur
  - *Z-Buffer/Depth buffer*
  - Tout d'abord, initialiser toutes les valeurs à ∞ (profondeur = loin)
- Pendant la rastérisation: interpoler z à l'intérieur du polygone
- Vérifier la valeur dans le tampon de profondeur avant d'écrire la couleur ou la profondeur
  - Ne pas écrire si sa coordonnée z est plus loin que la valeur déjà stockée

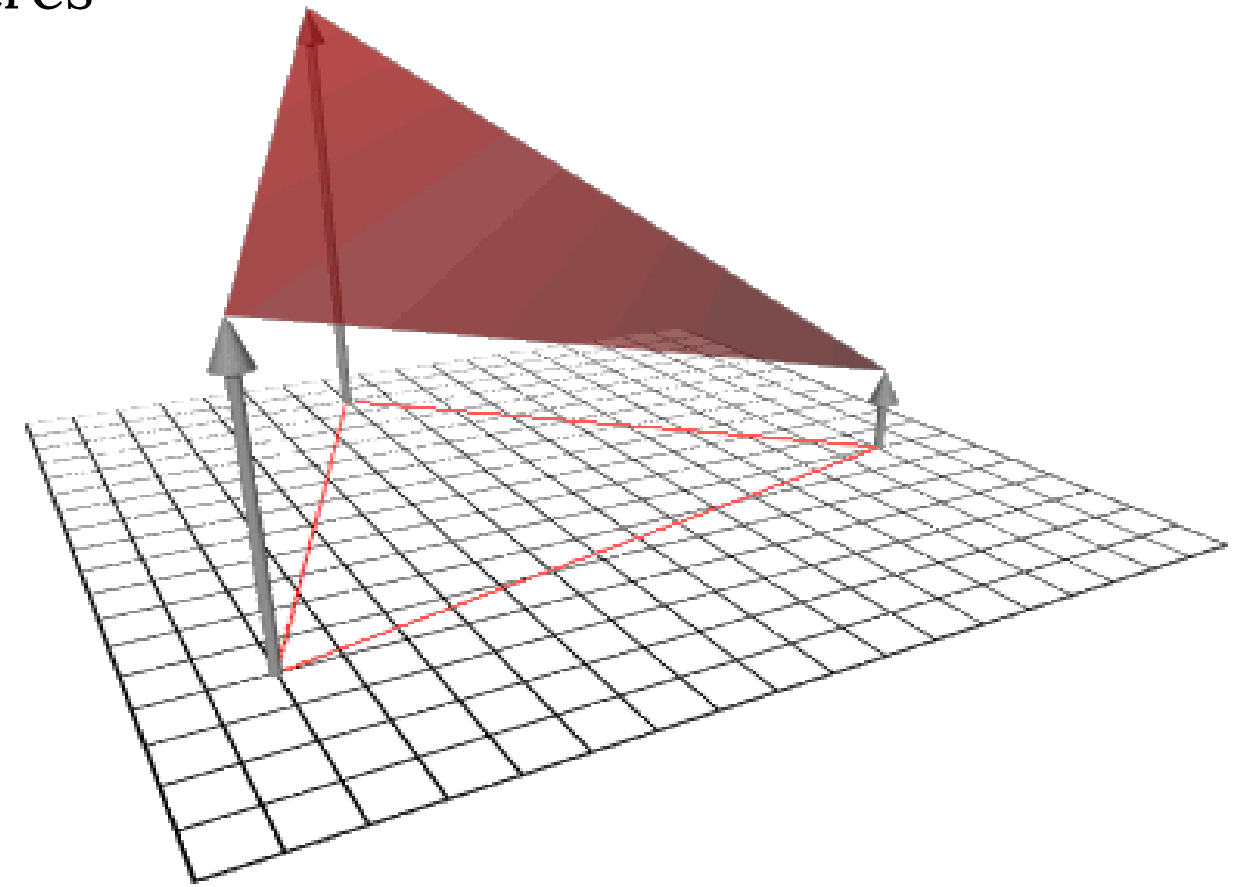
TAMPON DE PROFONDEUR

- Stocker (r, g, b, z) pour chaque pixel
  - Normalement, 8+8+8+24 bits, peut-être plus

```
for all i,j {
 Depth[i,j] = MAX_DEPTH
 Image[i,j] = BACKGROUND_COLOUR
}
for all polygons P {
  for all pixels in P {
    if (Z_pixel < Depth[i,j]) {
      Image[i,j] = C_pixel
      Depth[i,j] = Z_pixel
    }
  }
}
```

INTERPOLER Z

- Utiliser les coordonnées barycentriques
  - Comme tous les autres paramètres
    - E.g. la couleur



TAMPON DE PROFONDEUR (70S)

- L'histoire:
  - La mémoire était coûteuse, donc les algorithmes en espace objet ont été proposés
  - Le premier framebuffer 512x512 était >$50,000!

- Une nouvelle approche radicale à l'époque
  - L'idée générale: déterminer la visibilité par pixel

LA PRÉCISION DU TEST DE PROFONDEUR

- Un rappel: une transformation projective transforme z du système de coordonnées de vue aux coordonnées normalisées (NDCS)
- L'exemple simple:

$$T\left(\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & b \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

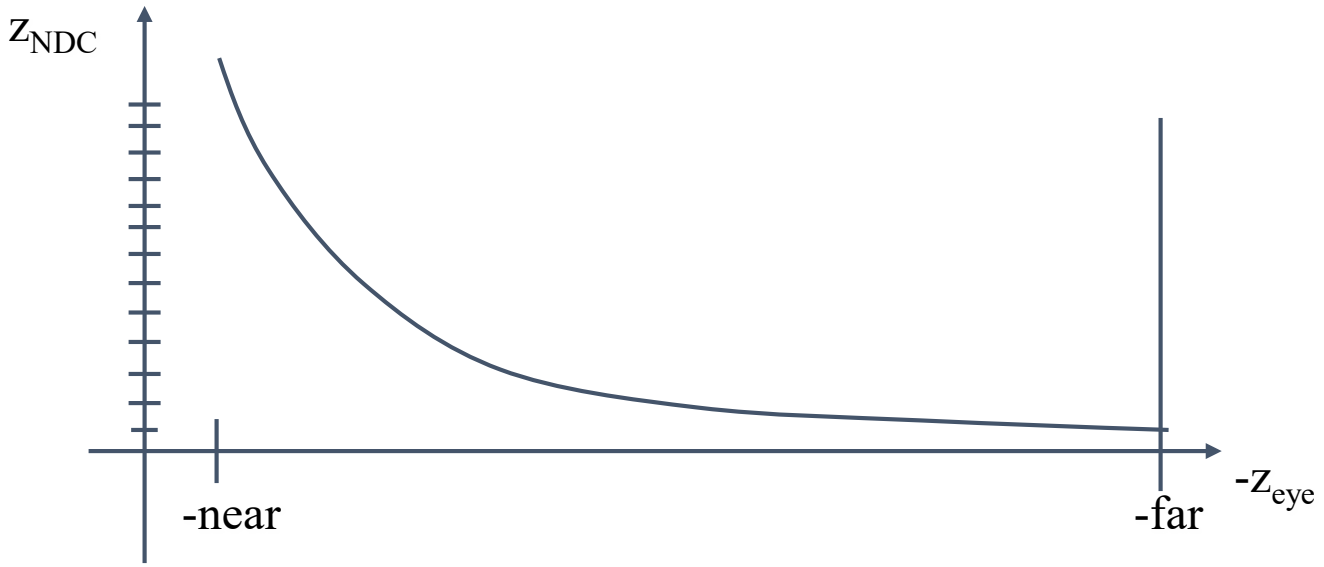
- Donc,

$$z_{NDC} = \frac{az_{eye} + b}{-z_{eye}} = -a - \frac{b}{z_{eye}}$$

LA PRÉCISION DU TEST DE PROFONDEUR

Donc, le tampon de profondeur stocke $1/z$ à la place de z!

- Les problèmes avec les tampons en entiers
  - Haute précision pour les objets proches
  - Faible précision pour les objets éloignés



LA PRÉCISION DU TEST DE PROFONDEUR

- La faible précision peut entraîner du Z-fighting pour les objets éloignés
  - Deux profondeurs différentes peuvent devenir la même valeur (quantization)
  - Quel objet gagne dépend de l'ordre de l'affichage

- Pire pour les grands ratios $\frac{f}{n}$
  - Règle générale: $\frac{f}{n} < 1000$ pour une profondeur sur 24 bits

- Avec 16 bits on ne voit pas les différences de 1cm à la distance de 1km

COMMENT LES ARRIÈRE-PLAN ET AVANT-PLAN AFFECTENT LA PRÉCISION

$$z_{NDC} = \frac{az_{eye} + b}{-z_{eye}} = -a - \frac{b}{z_{eye}}$$

$$z_{NDC} = \frac{f + n}{f - n} + \frac{2fn}{(f - n)z_{eye}}$$

$$\frac{dz_{NDC}}{dz_{eye}} = \frac{-2fn}{(f - n)z_{eye}^2} = -\frac{2f}{\left(\frac{f}{n} - 1\right)z_{eye}^2}$$

LES QUESTIONS

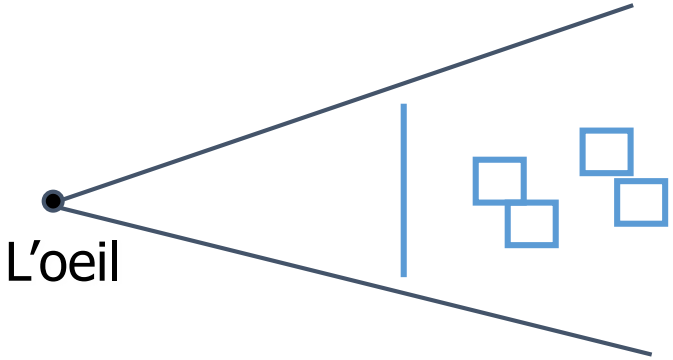
- Combien de mémoire est utilisée par le test de profondeur?
- Est-ce que l'image dépend de l'ordre d'affichage?
- Est-ce que le temps de rendu dépend de l'ordre d'affichage?
- Comment la complexité change en variant de la résolution ou le nombre de polygones?

AVANTAGES DU TEST DE DE PROFONDEUR

- Simple!
- Hardware, parallélisme
  - Presque tous les GPU prennent en charge
- Les polygones peuvent être traités dans un ordre arbitraire
- Gère facilement l'interpénétration des polygones

DÉSAVANTAGES

- Mauvais pour les scènes avec une complexité élevée
  - Il faut rendre tous les polygones, même si ils sont cachés



- Les segments partagés sont affichés de façon incohérente
  - *Dépend de l'ordre*

DÉSAVANTAGES

- Mémoire additionnelle pour les tampons
  - (e.g. 1280x1024x32 bits, dépend de la mise en œuvre)
- Il faut avoir de la mémoire rapide
- Il est difficile de simuler des polygones transparents
  - On jette la couleur des polygones derrière le polygone le plus proche
  - OK si les polygones sont triés d'avant en arrière
    - Mais ça prend du temps

ALGORITHMES EN ESPACE OBJET

- Par chaque objet ou polygone
- Indépendant de la résolution
  - Calculer explicitement les parties visibles des polygones
- Tôt dans le pipeline
  - Après *clipping*
- Nécessite un tri en profondeur
  - L'algorithme du peintre
  - Les arbres BSP

Toutes les détails après l'examen intra 2